



### (57) Zusammenfassung

Die Dynamik der üblichen Bildsensoren reicht nicht aus, um die in vielen Situationen auftretenden Helligkeitskontraste zu verarbeiten. Bisher veröffentlichte Verfahren zur Erhöhung der Dynamik weisen erhebliche Nachteile für die praktische Anwendung auf. Bildsensoren nach dem neuen Verfahren sollen hohe Dynamik mit einfacher Anwendbarkeit verbinden. Um die bei hohen Bildkontrasten auftretenden Über- bzw. Unterbelichtungen der Pixel zu vermeiden, enthält jedes Pixel eine lokalautoadaptive Steuerung. Mit Hilfe dieser Steuerung beendet jedes Pixel automatisch seine Integrationsperiode, sobald es ausreichend viel Photostrom aufintegriert hat. Ein analoges Signal repräsentiert die vom Pixel gewählte Länge der Integrationsperiode. Es stellt gemeinsam mit dem aufintegrierten Pixelsignal eine Helligkeitsinformation mit hoher Dynamik dar, bei geringen Anforderungen an die Dynamik der Einzelsignale. Die Bildsensoren eignen sich aufgrund der Lokalautoadaptivität für alle Anwendungsgebiete, bei denen hohe Helligkeitskontraste verarbeitet werden müssen wie beispielsweise Fahrzeugführung im Straßenverkehr, Naturfilme oder Astronomie.

### ***LEDIGLICH ZUR INFORMATION***

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauritanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		

### **Lokalautoadaptiver optischer Sensor**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren für den Betrieb von Bildsensoren nach dem „lokalautoadaptiven Verfahren“ zur Aufnahme von hochdynamischen Bildszenen.

Elektronische Bildsensoren sind bekannt und werden in den unterschiedlichsten Technologien hergestellt. Solche Sensoren sind so aufgebaut, daß eine Anzahl Lichtwandelemente (Pixel) in geeigneter Weise angeordnet sind, meist als eine einzige Zeile oder in Spalten und Zeilen als Matrix geordnet. Ein auf den Bildsensor projiziertes Bild wird von den Pixeln in ein der am Pixelort einfallenden Lichtmenge proportionales elektrisches Signal umgewandelt. Die zugehörige Proportionalitätskonstante wird als Umwandlungsempfindlichkeit (Empfindlichkeit) des Sensors bezeichnet. In einem sehr verbreiteten Typ von Bildsensor, dem „integrierenden Bildsensor“, erzeugen die Pixel das Ausgangssignal, indem sie photostromgenerierte Ladungsträger über ein gewisses Zeitintervall (Integrationszeit) auf eine Kapazität aufintegrieren. Das elektrische Signal wird mittels geeigneter, am Pixel anliegender Ansteuersignale (Takt- o. Lesesignal) und vom Pixel wegführender Auslesepfade ausgelesen und mit geeigneten Mitteln bildauswertenden oder bildverwertenden Einheiten wie zum Beispiel einem Aufzeichnungsgerät zugeführt.

Ein wesentliches Merkmal eines Bildsensors ist seine Dynamik. Sie ist definiert durch die maximale und die minimale Bildhelligkeit am Pixelort, die zu einem sinnvoll verwertbaren Signal am Ausgang des Bildsensors führen. Nach unten ist die Dynamik begrenzt durch das elektrische Rauschen des Ausgangssignals: ein Pixelsignal, das kleiner ist als das elektrische Rauschen, ist nicht verwertbar. Nach oben ist die Dynamik durchweg begrenzt durch die Sättigung der für die Signalwandlung und Signalübertragung verwendeten Komponenten.

Ein weithin bekanntes Problem von Bildsensoren ist nur, daß ihre Dynamik nicht ausreicht, um die in vielen Anwendungsgebieten auftretenden Helligkeitskontraste voll auf das Ausgangssignal abzubilden. Dadurch werden entweder dunkle Bildteile vom Rauschen verschluckt und/oder hellere Bildteile sind in der Sättigung, was zusätzlich zu weiteren Störungen wie Smear oder Blooming führen kann. Zur Behebung des Problems der begrenzten Dynamik sind einige Verfahren bekannt.

Das US-Patent Nr. 5168532 sei stellvertretend für eine große Zahl von Patenten und Veröffentlichungen genannt, die die effektive Dynamik eines Bildsensorsystems nach dem Prinzip der „Zweifachauslese“ erhöhen. Hierzu wird das Bildsensorsystem mit einer Möglichkeit versehen, die oben benannte Empfindlichkeit variieren zu können; z.B. durch Wahl der Integrationszeitdauer eines integrierenden Bildsensors oder noch einfacher mit Hilfe einer Irisblende. Sodann werden zwei Bilder aus dem Bildsensor ausgelesen, eines bei einer niedrigen Empfindlichkeit, eines bei einer hohen Empfindlichkeit. Diese zwei Bilder werden anschließend nach einem geeigneten Verfahren zu einem Gesamtbild zusammengefügt. Das Verfahren der

„Mehrfachauslese“, das ebenfalls in den verschiedensten Varianten patentiert und veröffentlicht wurde (z.B. US-Patent Nr. 5638118), ergänzt das Verfahren der „Zweifachauslese“ nur insofern, als statt zweier eine höhere Anzahl von Bildern mit unterschiedlichen Empfindlichkeiten aufgenommen, gespeichert und zusammengefügt werden. Beiden Verfahren ist der erhebliche Nachteil eines komplizierteren Sensor-Systems gemeinsam, das neben dem Bildsensor noch Mittel zur Speicherung und zur Verarbeitung der Bilddaten enthält, wie z.B. einen Framegrabber.

Einer zweiten Gruppe von Verfahren zur Erhöhung der Sensordynamik ist die Kompression des Bildsignals bei der Signalerzeugung im Pixel gemeinsam. Bei dem gängigen Kompressionsverfahren der logarithmischen Kompression wird der lichtabhängige Photostrom in eine logarithmisch davon abhängige Signalspannung umgewandelt durch Ausnutzung der logarithmischen Spannungs-Stromkennlinie von Diode oder MOS-Transistoren im Betrieb unterhalb der Schwellspannung, wie beispielsweise veröffentlicht von N. Ricquier und B. Dierickx in „Active Pixel CMOS image sensor with on-chip non-uniformity correction“, IEEE Workshop on CCDs and Advanced Image Sensors, California, 20-22. April, 1995. Diese und alle anderen Kompressionssensoren verlieren durch die Dynamikkompression Bilddetails. Des Weiteren werden ortsfeste Störungen (sog. „Fixed Pattern Noise“ oder FPN), die durch lokale Schwankungen der Bauelementeparameter wie Transistorschwellspannungen oder Kapazitäten in den Pixeln und den Signalpfaden entstehen, exponentiell verstärkt, was wiederum durch aufwendige Maßnahmen korrigiert werden muß. Andere Verfahren (beispielsweise US-Patent Nr. 5572074 oder „Analog VLSI phototransduction by continuous-time, adaptive,

logarithmic photoreceptor circuits" von T. Delbrück und C.A. Mead in Computation and Neural Systems Program, Technical Report, CNS memorandum No. 30, 1994, S. 1-23, California Inst. of Technology, Pasadena, CA 91125) steuern mit Hilfe einer aufwendigeren Pixelschaltung die Pixelempfindlichkeit lokal durch das vom Pixel selbst produzierte Ausgangssignal; effektiv entspricht das Verfahren jedoch wieder den Kompressionsverfahren mit den gleichen nachteiligen Folgen.

Bessere Verfahren zum Betrieb von Bildsensoren mit hoher Dynamik stellen die lokaladaptiven Verfahren dar. Ein lokaladaptives Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß die Empfindlichkeit des Bildsensors nicht für alle Pixel gleichzeitig (global) sondern für kleinere Untergruppen von Pixeln, bevorzugt für jedes Pixel einzeln einstellbar ist (lokal). Der Natur der Bildsensoren gemäß kann dazu an unterschiedlichen Punkten des Signalweges angesetzt werden.

Verfahren, die das auf die Pixel fallende Licht pixelweise schwächen, sind in den US-Patenten Nr. 5532743 (Abschwächung durch LCD-Pixel), Nr. 55410705 (Abschwächung durch Polarisatoren) und Nr. 5218485 beispielhaft beschrieben. Sie setzen alle einen diffizileren optischen Aufbau und eine aufwendige, externe Ansteuerung der Abschwächungselemente voraus.

Einfachere Systeme mit höherer Dynamik erreicht man mit solchen lokaladaptiven Verfahren, die die Integrationszeit pixelweise steuern. Ein gängiges Verfahren mit lokaladaptiver Integrationszeit bedient sich dem individuellen Pixelreset, IPR; so z.B. von O. Yadid-Pecht, B. Pain, C. Staller, C. Clark und E. Fossum berichtet in 'CMOS Active Pixel Sensor Star Tracker with

Regional Electronic Shutter', IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol. 32, No. 2, Feb. 1997 und in 'Wide dynamic range APS star tracker', Solid State Sensor Arrays and CCD cameras, San Jose, California, Proceedings of the SPIE, Vol. 2654, S. 82-92, 1996 sowie von Chen S., Ginosar R. in 'Adaptive Sensitivity CCD Image Sensor', Proceedings of the SPIE, Vol. 2415, S. 303-309, 1995. Bei den beschriebenen Sensoren wurden die Pixelschaltungen derart modifiziert, daß ihre Integrationskapazität zu jedem Zeitpunkt in jedem Pixel einzeln zurückgesetzt werden kann. Dadurch kann in gewissen Grenzen für jedes Pixel eine eigene Integrationszeitdauer erreicht werden und mithin die Pixelempfindlichkeit an die am jeweiligen Pixelort auftreffende Lichtintensität adaptiert werden. Die beschriebenen Verfahren zeichnen sich durch einen geringen Zusatzaufwand in der Pixelschaltung bei gleichzeitig großer Dynamik aus.

Bei dem am Institut für Halbleiterelektronik der Universität-GH Siegen entwickelten lokaladaptiven Bildsensor (LAS) läßt sich die Integrationszeit jedes Pixels einzeln schon vor der eigentlichen Integrationsphase in Form einer Analogspannung in die Pixel programmieren. (siehe T. Lulé, H. Fischer, S. Benthien, H. Keller, M. Sommer, J. Schulte, P. Rieve, M. Böhm, „Image Sensor with Per-Pixel Programmable Sensitivity in TFA Technology“, H. Reichl, A. Heuberger, Micro System Technologies '96, VDE-Verlag, Berlin, Offenbach, S. 675 ff., 1996)

Nachteilig an den Verfahren des IPR und des LAS ist jedoch der erhebliche Aufwand an Zusatzschaltungen, der nötig ist, um aus dem zuletzt ausgelesenen Bild pixelweise die für den nächsten Integrationszyklus benötigten Belichtungszeiten und daraus resultierenden

Ansteuertakte zu generieren. Der zusätzliche Nachteil der IPR-Verfahren liegt in dem Problem, alle Pixel während der Integrationsphase in der gewünschten Reihenfolge zurücksetzen zu müssen, was zu Kollisionen und nichtdeterministischen Taktüberkopplungen auf die empfindliche Pixelelektronik führen kann. Darüberhinaus haftet allen bis hierhin beschriebenen adaptiven Verfahren der Nachteil des Zeitverzugs an; die für eine Integrationsphase einzustellende Empfindlichkeit wird aus den Pixelsignalen der vorherigen Integrationsphase gewonnen, wodurch eine situationsgemäße Einstellung der Pixelempfindlichkeit nicht sicher gewährleistet ist.

Der im Patentanspruch 1 angegebenen Erfindung liegt das Problem zugrunde, die Empfindlichkeiten der Pixel eines Bildsensors ohne Zeitverzug und mit geringem Schaltungsaufwand an die am Pixelort herrschende Helligkeit anzupassen und mithin die effektive Dynamik des Bildsensors zu erhöhen.

Die Aufgabe wird durch die Adaption an die am Pixelort herrschende Helligkeit durch die Pixelschaltung selbst gelöst, die Pixel sind lokalautoadaptiv.

Das Prinzip der Lokalautoadaptivität wurde bekannt gemacht durch O. Yadid-Pecht in „The Automatic Wide-Dynamic-Range Sensor“, SID 93, Intl. Symp., Digest, S. 495-498, 1993. Dort wurde die Lokalautoadaptivität erreicht durch die Fähigkeit des Pixels sich selbst zurücksetzen zu können, wenn das aufintegrierte Signal einen Schwellwert überschreitet. Prinzipiell wird dadurch zwar eine Sättigung der Pixel verhindert, die Integrationszeit wird dennoch nicht sicher an die auf das Pixel fallende Lichtintensität angepaßt, da es z.B. passieren kann, daß ein schwach beleuchtetes Pixel sich

kurz vor Ende der Integrationsphase noch einmal zurücksetzt und in der verbleibenden, sehr kurzen Integrationszeit keine nennenswerte Signalspannung mehr aufintegrieren kann.

Zudem muß die Integrationsdauer, die vom Pixel gewählt wurde, auf geeignete Weise den nachfolgenden bildauswertenden Stufen mitgeteilt werden, damit die Helligkeit am Pixelort aus den zwei Größen Integrationsdauer und aufintegriertes Pixelsignal rekonstruiert werden kann. O. Yadid-Pecht läßt dieses Problem weitgehend unbeantwortet und erwähnt nur in „Widening the dynamic range of pictures“, High Resolution Sensors and Hybrid Systems, San Jose, CA, Proceedings of the SPIE, Band 1656, S. 374-382, 1992, daß die Integrationszeit lokal in 4 Flipflops gespeichert werden sollte, was zu einem erheblichen Aufwand an Pixelschaltung und zusätzlichen Ansteuerleitungen führt. Um die effektive Größe der Pixelfläche nicht völlig unwirtschaftlich werden zu lassen, schlägt die Autorin weiter vor, die lokalautoadaptive Steuerung nur einmal pro Pixelblock von beispielsweise  $8 \times 8$  Pixeln zu realisieren, was den Vorteil der Lokalautoadaptivität sofort zunichte macht, da ein starker Hell-Dunkelübergang innerhalb dieses Pixelblocks zu den gleichen Dynamikbeschränkungen führt wie sie bei den globaladaptiven Sensoren auftreten.

Die erfindungsgemäße Lösung des Problems besteht in einem integrierenden, lokalautoadaptiven Pixel, das seine Integrationszeit automatisch, autark beendet noch bevor soviele photogenerierte Ladungen aufintegriert wurden, daß das Ausgangssignal sättigt. Dieses Verfahren unterscheidet sich dadurch von dem vorgenannten, daß das

Pixel den Endzeitpunkt der Integrationsperiode selbst bestimmt und nicht den Anfangszeitpunkt.

Ein vorteilhaftes Verfahren zur Beendigung der Integrationszeit stellt ein elektronischer Schalter dar, der in den Pfad des Photostromes vom Detektor zur Integrationskapazität eingeschleift wird und der zur Beendigung der Integrationszeit den Strompfad vom Detektor zur Kapazität unterbricht. Ein dem vorgenannten Verfahren gleichwertiges stellt ein elektronischer Schalter dar, der zwischen einer ersten Integrationskapazität, auf die der lichtproportionale Photostrom während der gesamten Integrationsphase fließt, und einer zweiten Haltekapazität eine leitende Verbindung herstellt zu dem Zeitpunkt, da die Integrationszeit des betroffenen Pixels beendet werden soll, so daß die Spannung auf der Haltekapazität nach Ende der Integrationsphase proportional zur Spannung auf dem Integrationskondensator zum ebengenannten Zeitpunkt ist. Pixelschaltungen mit solchen elektrischen Schaltern sind hinlänglich bekannt und werden bei fast allen integrierenden Bildsensoren zur globalen Steuerung der Integrationszeit eingesetzt.

Der besondere Vorteil der vorstehend genannten Lösung besteht darin, daß ein so betriebener Sensor bei geringem Aufwand eine gegenüber einem herkömmlichen Sensor wesentlich höhere Dynamik aufweist, so daß dieser Sensor bei wesentlich höheren Kontrasten der Bildszene noch in allen Bildausschnitten auswertbare Ausgangssignale liefert. Weiterhin liegt das Ausgangssignal für einen erheblich erweiterten Bereich von Bildhelligkeiten immer im oberen Bereich der Aussteuerung, was automatisch einen verbesserten Signal-zu-Rausch-Abstand und damit eine verbesserte Bildqualität mit sich bringt.

Eine vorteilhafte Weiterbildung des Verfahrens besteht darin, eine Information (im folgenden Integrationssignal) im Pixel zu speichern, die Auskunft darüber gibt, wie lange die Integrationsdauer des Pixels betrug, und die zusammen mit dem aufintegrierten Pixelsignal aus dem Bildsensor ausgelesen wird, so daß die am jeweiligen Pixelort herrschende Helligkeit aus dem Integrationssignal und dem Pixelsignal eindeutig ermittelt werden kann. Vorteilhaft ist dabei, das Integrationssignal analog im Pixel zu speichern, das heißt beispielsweise in Form einer Spannung, eines Stromes oder einer Ladung. Solche analoge Informationsspeicher wie eine Kapazität oder ein Stromspiegelspeicher sind hinlänglich bekannt und lassen sich in gängigen Bildsensor-Technologien wie z.B. CMOS, BiCMOS oder TFT auf kleinerer Fläche realisieren als ein Digitalwertspeicher mit gleichem Informationsgehalt, wie er beispielsweise von O. Yadid-Pecht vorgeschlagen wurde. Aber auch eine Speicherung des Integrationssignals als Digitalsignal kann eine vorteilhafte Möglichkeit darstellen, da sie eine wesentlich höhere Störsicherheit bietet.

Weiterhin bestehen die Möglichkeiten, dieses Integrationssignal innerhalb des Pixels autark zu generieren, von außen in das Pixel hineinzutragen oder mit Hilfe von außen in das Pixel hineingetragenen Signalen zu generieren. Vorzugsweise wird das Signal vollständig von außen in das Pixel hineingetragen, da hierdurch weitere Komponenten für die Signalgenerierung im Pixel eingespart werden und das Pixel das von außen angelegte Signal nur noch speichern muß. Geeigneterweise legt man das von außen heranzutragende Signal an alle Pixel oder zumindest an größere Gruppen wie beispielsweise ganze Spalten oder Zeilen von Pixeln

- 10 -

gleichzeitig an, so daß nur eine geringere Anzahl von Generatoren für dieses Signal bereitgestellt werden muß, als der Sensor Pixel hat. Diese Generatoren liefern dann ein Signal wie eine Spannung oder einen Strom oder ein digitales Wort, das sich zweckmäßigerweise monoton zur schon verstrichenen Integrationszeit verhält, wie zum Beispiel eine Spannungsrampe. Sobald ein Pixel seine Integrationszeit beendet, speichert es zu diesem Zeitpunkt nicht nur das bis dahin aufintegrierte Pixelsignal im Belichtungskondensator, sondern auch das von seinem zugehörigen Generator von außen angelegte Integrationssignal in seinem internen Integrationssignalspeicher.

Der besondere Vorteil der vorstehend genannten Lösung besteht darin, daß die Helligkeitsinformation auf zwei Signalgrößen aufgeteilt wird, zum einen in das Pixelsignal und zum anderen in das Integrationssignal, das Auskunft über die Integrationszeitdauer abgibt. Auf diese zwei Signale aufgeteilt, kann eine wesentlich höhere Helligkeitsdynamik weitergegeben werden, als es mit einem Signal möglich wäre, da das Integrationssignal sozusagen eine Grobskalierung vorgibt, während das Pixelsignal die Feininformation liefert. Insbesondere in gewerblichem Umfeld, wo eine Vielzahl an elektrischen Störquellen die Signaldynamik auf den Übertragungswegen beschränkt, stellt diese Aufteilung der Dynamik die einzige Möglichkeit dar, Bilder mit sehr hoher Signaldynamik (>100dB) zu verarbeiten.

Eine vorteilhafte Weiterbildung des Verfahrens besteht darin, daß die Beendigung der Integration nur zu wenigen, von außerhalb des Pixels vorgegebenen Zeitpunkten erfolgen kann, die durch ein von außen an das Pixel angelegtes Taktsignal definiert werden. Der Vorteil

- 11 -

dieser Zeitdiskretisierung liegt in der präziseren Kontrolle über die von den Pixeln wählbaren Integrationsperioden. Insbesondere die sich bei hohen Beleuchtungsstärken einstellenden, sehr kurzen Integrationszeitdauern müssen mit einer so hohen Präzision eingestellt und vom Integrationssignal erfaßt werden können, daß die Ungenauigkeiten noch viel kleineren Zeiten entsprechen, als die Integrationszeitdauer ohnehin schon ist, was durch eine getaktete Diskretisierung der Integrationszeitdauern besonders vorteilhaft erreicht wird.

Eine vorteilhafte Weiterbildung des Verfahrens, insbesondere im Zusammenhang mit der Zeitdiskretisierung der Integrationsperioden und der Verwendung eines analogen Integrationssignals, stellt die Verwendung eines amplitudendiskretisierten, analogen Integrationssignals dar derart, daß das Integrationssignal nur diskrete Amplituden annehmen kann. Die Amplitudendiskretisierung des Integrationssignals hat den Vorteil, daß nachfolgende, bildverwertende Stufen über eine Schwellwertbildung die gewählte Integrationsperiode präzise rekonstruieren können und daß die in Analogschaltungen unvermeidlichen Störeinflüsse wie Rauschen und FPN bei ausreichendem Abstand der Diskretisierungsstufen keinen Einfluß auf die Schwellwertbildung und damit auf die rekonstruierte Integrationszeitdauer hat.

Im Falle der digitalen Speicherung des Integrationssignals liegt von der Natur der Sache schon eine Wertdiskretisierung vor, die in der besagten Amplitudendiskretisierung des Analogsignals eine Entsprechung findet. Weiterhin ist die digitale Speicherung am vorteilhaftesten zusammen mit der besagten

Zeitdiskretisierung einzusetzen, da so jeder Integrationszeit eineindeutig ein digitaler Wert zugewiesen werden kann. Von dem Standpunkt aus betrachtet, wie er in modernsten Speichertechnologien vertreten wird, daß ein grob amplitudendiskretisiertes Analogsignal ein Multilevel-Digitalsignal darstellt, ist der Übergang von einem reinen, binären Digitalsignal zum amplitudendiskretisierten Analogsignal fließend und variantenreich.

Eine vorteilhafte Weiterbildung des Verfahrens stellt die Verwendung einer exponentiellen Verteilung der diskretisierten Integrationsperioden dar. Mit exponentieller Verteilung ist eine derartige Auswahl an vorgegebenen, vom Pixel wählbaren Integrationsperioden gemeint, daß jeweils eine Integrationsperiode um einen festen Faktor länger ist als die nächstkürzeren wählbare. Diese Verteilung ist eine von anderen Anwendungsgebieten wie zum Beispiel den Verschlußzeiten eines Fotoapparates her bekannte Verteilung, die für eine gleichmäßige Abdeckung der vielen Zehnerpotenzen möglicher Lichtintensitäten sorgt.

Eine vorteilhafte Weiterbildung des Verfahrens stellt die technologische Realisierung des lokalautoadaptiven Bildsensors in der am Institut für Halbleiterelektronik der Universität-GH Siegen von Prof. Böhm und seinen Mitarbeitern entwickelten TFA-Technologie dar, wie sie z.B. von Prof. M. Böhm in „Intelligent Image Sensor Systems in TFA (Thin Film on ASIC) Technology“, einem Vortrag anlässlich des Special Course on Intelligent Sensors, University of Roorkee, Roorkee U.P., Indien, 1995, beschrieben ist. Der dort aufgewiesene Vorteil der vertikalen Integration des elektrooptischen Detektors auf dem signalverarbeitenden ASIC macht sich insbesondere bei

den lokalautoadaptiven Sensoren bezahlt, da sich nicht Pixelelektronik und Detektor gegenseitig den Platz wegnehmen wie beispielsweise bei der reinen CMOS-Technologie, sondern die von der etwas umfangreicherem Pixelelektronik eingenommene Chipfläche gleichzeitig dem darüberliegenden Detektor zur Verfügung steht, der dadurch empfindlicher wird.

Weitere vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens gehen aus weiteren Unteransprüchen hervor.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung, die bevorzugte Vorrichtung zur Durchführung von vorstehend beschriebenen Verfahren, wird in den folgenden Figuren dargestellt und im weiteren näher bechrieben. Das Ausführungsbeispiel stellt einen erfindungsgemäßen, in TFA-Technologie realisierten Bildsensor mit 90dB Dynamik dar.

Fig. 1 zeigt das Blockschaltbild der lokalautoadaptiven Pixelelektronik mit automatischer Integrationsabschaltung und Integrationssignalspeicherung.

Fig. 2 zeigt die Ansteuersignale für den Betrieb des Pixels nach Fig. 1 während der Integrationsphase.

Fig. 3 zeigt die von einem Pixel nach Abschluß der Integrationsphase in der Auslesephase ausgegebenen Integrations- und Pixelsignale aufgetragen über der auf diesem Pixel auftreffenden Lichtintensität.

Fig. 4 zeigt schematisch das Zusammenspiel der Pixel eines Flächensensors mit den peripheren Schaltungen auf dem Bildsensorchip.

Das Pixellayout in Fig. 5 ist zur Verdeutlichung der moderaten Komplexität eines lokalautoadaptiven Pixels angefügt.

Fig. 1 zeigt das Blockschaltbild des in TFA-Technologie realisierten lokalautoadaptiven Pixels. Auf der Pixelschaltung befindet sich der lichtempfindliche Detektor 01 aus amorphem Silizium, dessen Kathode mit der in der Pixelschaltung realisierten Detektorschaltung 02 verbunden ist. Die Detektorschaltung ist ein Spezifikum der TFA-Technologie und nicht von Bedeutung für die Lokalautoadaptivität des Pixels. Sie hält die Spannung an der Kathode des Detektors 01 auf konstantem Wert, was die TFA-spezifischen Kopplungen zwischen benachbarten Detektoren unterdrückt.

Der vom Detektor 01 herrührende und von der Detektorschaltung 02 weitergereichte Photostrom 03 wird während der Integrationsphase über den geschlossenen Photostromschalter 04 auf der Integrationskapazität 05 aufintegriert. Die resultierende Pixelspannung 06 am Integrationskondensator 05 wird vom getakteten Pixelkomparator 07 mit einer dem Pixel von außen zugeführten Vergleichsspannung 08 verglichen. Das Vergleichsergebnis erscheint erst nach einem Taktsignal von Takt 09 am Steuerausgang 10 des Pixelkomparators 07. Hat die Pixelspannung 06 zum Zeitpunkt des Taktsignals die Vergleichsspannung 08 überschritten, so schaltet der Steuerausgang 10 den Photostromschalter 04 aus und beendet damit die Integrationsperiode für die aktuelle Integrationsphase. Gleichzeitig mit jedem Taktsignal an Takt 09 liegt am Integrationssignaleingang Rampe 11 eine steigende, stufige Spannungsrampe an, die über den geschlossenen Integrationssignalschalter 12 auf den

- 15 -

Integrationssignalkondensator 13 gegeben wird. In dem Moment, da der Steuerausgang 10 die Photostromintegration über Schalter 04 beendet, öffnet derselbe Steuerausgang 10 auch den Integrationssignalschalter 12, so daß die Integrationssignalspannung 14 auf dem Integrationssignalkondensator 13 auf dem Spannungswert stehen bleibt, der zum Zeitpunkt der Abschaltung am Integrationssignaleingang Rampe 11 anlag.

In der nachfolgenden Auslesephase veranlaßt ein Lesesignal am Eingang Read 15 den Pixelsignalpuffer 16 und den Integrationssignalpuffer 17, das aufintegrierte Pixelsignal 06 und das festgehaltene Integrationssignal 14 auf die Pixelsignal-Spaltenleitung 18 bzw. die Integrationssignal-Spaltenleitung 19 auszugeben.

Vor der nächsten Integrationsphase schließt ein Resetsignal am Eingang Reset 20 den Resetschalter 21 und löscht damit das aufintegrierte Pixelsignal 06. Mit dem nächsten Taktsignal am Eingang Takt 09 schließen der Photostromschalter 04 und der Integrationssignalschalter 12 wieder, und die nächste Integrationsphase beginnt.

Fig. 2 zeigt über der Zeit aufgetragen die Steuertakte Takt 09 und Rampe 11 sowie das Integrationssignal 14 und das Pixelsignal 06 jeweils für zwei Pixel - ein Pixel bei hoher Beleuchtung (Pixel 30 bzw. Int1 31) und ein Pixel bei niedrigerer Beleuchtung (Pixel 34 und Int2 35). Das Signaldiagramm zeigt ein Ausführungsbeispiel mit sechs wählbaren, exponentiell verteilten Integrationszeiten 39 bis 44, wobei die Zeitachse in relativen Einheiten angegeben ist.

Mit der ersten steigenden Flanke 38 von Takt 09 startet die Integrationsphase, ab hier laufen die aufintegrierten Pixelspannungen Pix1 30 und Pix2 34 hoch. Mit jeder weiteren steigenden Flanke von Takt 09 kann ein Pixel bei ausreichend hoher Pixelspannung seine Integrationsperiode beenden. Würde beispielsweise ein Pixel bei der Taktflanke 39 seine Integration beenden, dann dauerte seine Integrationsperiode 1 Zeiteinheit, bei Taktflanke 40 dauerte sie 2 Zeiteinheiten, bei Taktflanke 41 dauerte sie 4 Zeiteinheiten, bei Taktflanke 42 8 Zeiteinheiten, bei Taktflanke 43 16 Zeiteinheiten; würde ein Pixel bei Taktflanke 44 seine Integrationsperiode beenden, dann dauerte seine Integrationsperiode 32 Zeiteinheiten. Die wählbaren Zeiteinheiten sind also in diesem Ausführungsbeispiel exponentiell zur Basis 2 gewählt worden.

Die Vergleichsspannungen Ucomp 08 wurden für diese Verteilung der Zeiteinheiten auf halben Pixelsignalhub 33 bzw. 37 gesetzt. Hat ein Pixelsignal 06 innerhalb einer Integrationsperiode den halben Signalhub noch nicht überschritten, so wird es in der nächst längeren, doppelt so langen Integrationsperiode nicht den vollen Signalhub überschreiten, so daß es noch weiter aufintegriert werden kann, vorausgesetzt, daß sich die Helligkeit am Pixelort während der folgenden, zusätzlichen Integrationszeit nicht wesentlich ändert. Hat ein Pixelssignal 06 innerhalb einer Integrationsperiode jedoch den halben Signalhub schon überschritten, so würde es in der nächst längeren, doppelt so langen Integrationsperiode den vollen Signalhub überschreiten, so daß die Integration beendet werden muß. Durch diese Kombination von wählbaren Integrationszeiten und Vergleichsspannung wird also sichergestellt, daß die aufintegrierte Pixelspannung sich

immer in der oberen Hälfte des vollen Signalhubs befindet. Eine Verbesserung in der Hinsicht einer Robustheit gegenüber Helligkeitsschwankungen im Laufe einer Integrationsphase stellt die Wahl einer niedrigeren Vergleichsspannung dar; sie erlaubt der Pixelhelligkeit während der Integrationsphase in beschränktem Umfang anzusteigen, ohne daß das Pixel dadurch sättigt.

Das in Fig. 3 über der relativen Beleuchtungsintensität 45 aufintegrierte Pixelsignal 46 und Integrationssignal 47 verdeutlichen diese sehr vorteilhafte Eigenschaft des lokalautoadaptiven Pixels. Aufgrund der logarithmischen Auftragung der Intensität auf der horizontalen Achse erscheint die Pixelsignalkurve gekrümmmt, während die in exponentiellen Abständen verteilten Rampenstufen 11 hier jeweils gleiche Breiten aufweisen.

Das in Fig. 4 gezeigte Blockdiagramm zeigt schematisch das Zusammenspiel der Pixelschaltungen 50 mit den Peripheriekomponenten 53, 55 und 58 in einem Flächensensor. Während der Integrationsphase versorgt die Integrationssteuerung 55 die in Spalten und Zeilen angeordneten Pixel 50 der Pixelmatrix 51 mit den notwendigen Ansteuersignalen wie Reset 20, Takt 09, Rampe 11 und Ucomp 08, die die Integrationssteuerung 55 aus einem Eingangstakt Clk 66 erzeugt. Die Signale werden für alle Pixel 50 gemeinsam erzeugt, so daß alle Pixel 50 der Pixelmatrix 51 synchron ihre Integrationsperioden beginnen, während sie wie oben beschrieben den Endzeitpunkt selbst wählen.

Das Ende der Integrationsphase wird den außerhalb des Chips liegenden Schaltungsteilen durch ein Signal am Ausgang Ready 67 angezeigt. Jetzt können diese eine

- 18 -

Zeilenadressen ZA 64 und das Zeilenfreigabesignal ZEN 65 an den Zeilendekoder 53 legen, der dann die gewünschte Zeilenleseleitung 52 aufsteuert. Die Zeilenleseleitung 52 ist mit den Pixelleseleitungen Read 20 aller Pixel 50 in der Zeile verbunden und sorgt dafür, daß alle Pixel 50 der ausgewählten Zeile ihre aufintegrierten Pixelsignale 06 und festgehaltenen Integrationssignale 14 auf die Pixelsignal-Spaltenleitungen 18 bzw. die Integrationssignal-Spaltenleitungen 19 ausgeben.

Von all den parallel an der Spaltenansteuerung- und auslese 58 anliegenden Pixelsignal- und Integrationssignal-Spaltenleitungen 56, 57 wählt die Spaltenansteuerung- und auslese 58 die Spalte aus, die durch die von außen vorgegebene Spaltenadresse SA 63 ausgewählt wird. Mit anliegendem Spaltenfreigabesignal SEN 62 werden das ausgewählte Pixelsignal 06 und das ausgewählte Integrationssignal 14 auf den Pixelausgang Pixaus 59 und den Integrationssignalausgang Intaus 60 ausgegeben. Nach erfolgter Auslese aller Pixel 50 wird dann durch ein Signal an Start 61 die nächste Integrationsphase in der Integrationssteuerung 55 angestoßen.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Betrieb von integrierenden Bildsensoren, bestehend aus
  - a) einer Anordnung von lichtwandelnden Pixeln, die jeweils bestehen aus
    - aa) einem lichtempfindlichen Element (01) zur photoelektrischen Konvertierung der auf es fallenden Lichtintensität in einen lichtintensitätsabhängigen Photostrom;
    - ab) einer integrierenden Vorrichtung (04,05) um innerhalb einer Integrationsphase den besagten Photostrom über eine gewisse Integrationszeitdauer aufzuintegrieren;
    - ac) einer zeitdauersteuernden Vorrichtung (07-10), zur Bestimmung des Anfangs- und Endzeitpunkts der Integrationszeitdauer;
    - ad) einer Auslesevorrichtung (15) zur Weitergabe eines Pixelsignals während einer Auslesephase, das der Menge des aufintegrierten Photostroms entspricht;
  - b) einer Vorrichtung zur Bearbeitung der vorbenannten, von den Pixeln weitergegebenen Signale und Bereitstellung eines daraus erzeugten Ausgangssignals;

c) einer pixelsteuernden Vorrichtung, die alle oben genannten, in allen Pixeln vorhandenen Vorrichtungen derart mit Steuersignalen versorgt, daß das vorgenannte Ausgangssignal ein das auf den Bildsensor einstrahlende Lichtbild wiedergebendes Signal darstellt,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die zeitdauersteuernde Vorrichtung der Pixel derart von der integrierenden Vorrichtung desselben Pixels beeinflußt wird, daß die zeitdauersteuernde Vorrichtung den Endzeitpunkt der Integrationszeitdauer abhängig von der auf das Pixel fallenden Lichtintensität so wählt, daß höhere Lichtintensitäten zu kürzeren Integrationszeitdauern führen, während niedrigere Lichtintensitäten zu längeren Integrationszeitdauern führen.

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die zeitdauersteuernde Vorrichtung mit Hilfe eines elektronischen Schalters Einfluß nimmt auf den Endzeitpunkt der Integrationszeitdauer, wobei der elektronische Schalter derart eingebaut ist, daß der elektronische Schalter den Zufluß des Photostromes in die integrierende Vorrichtung zur Beendigung der Integrationsszeit unterbricht.

3. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die zeitdauersteuernde Vorrichtung mit Hilfe eines elektronischen Schalters Einfluß nimmt auf den Endzeitpunkt der Integrationszeitdauer, wobei der elektronische Schalter derart eingebaut ist, daß der elektronische Schalter zwischen vorbenannter,

integrierender Vorrichtung und einer weiteren, speichernden Vorrichtung derart eingeschleift ist, daß der elektronische Schalter zum besagten Endzeitpunkt den Signalweg zwischen der integrierenden Vorrichtung und der speichernden Vorrichtung derart unterbricht, daß nach dem Ende der Integrationsphase die speichernde Vorrichtung ein Signal gespeichert hat, das in Relation steht zu dem zum besagten Endzeitpunkt von der integrierenden Vorrichtung abgegebenen Signal.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Pixel nach Ablauf oben bezeichneter Integrationsphase eine Integrationsdauerinformation gespeichert hat, die Auskunft darüber gibt, wie lange die bezeichnete Integrationszeitdauer des jeweiligen Pixels betrug, und die zusammen mit dem oben genannten Pixelsignal ausgelesen wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die dort benannte Integrationsdauerinformation repräsentiert wird durch ein digitales Signal.

6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die dort benannte Integrationsdauerinformation repräsentiert wird durch ein analoges Signal.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die dort benannte Integrationsdauerinformation durch ein amplitudendiskretisiertes, analoges Signal repräsentiert wird.

8. Verfahren nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet, daß das  
dort benannte Signal im Pixel autark generiert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet, daß das  
dort benannte Signal mit Hilfe von Signalen, die von  
außen an das Pixel angelegt werden, im Pixel generiert  
wird.

10. Verfahren nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet, daß das  
dort benannte Signal dem Pixel zu jedem Endzeitpunkt  
passend von außen bereitgestellt wird und vom Pixel zum  
geeigneten Zeitpunkt festgehalten werden muß.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, daß die  
oben genannte zeitdauersteuernde Vorrichtung sich nur zu  
wenigen, diskreten Zeitpunkten innerhalb einer  
Integrationsphase für die Beendigung der Aufintegration  
des Pixelsignals entscheiden kann und daß vorbenannte,  
diskrete Zeitpunkte durch von außerhalb an das Pixel  
angelegte Signale definiert werden.

12. Verfahren nach Anspruch 11,  
dadurch gekennzeichnet, daß die  
genannten, von außen definierten Zeitpunkte exponentiell  
verteilt sind in dem Sinne, daß jeweils eine durch Wahl  
eines Endzeitpunkts wählbare Integrationszeitdauer um  
einen festen Faktor länger ist als die nächst kürzere  
wählbare Integrationszeitdauer.

13. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die genannten, von außen definierten Zeitpunkte dual-exponentiell verteilt sind in dem Sinne, daß jeweils eine durch Wahl eines Endzeitpunkts wählbare Integrationszeitdauer doppelt so lang ist wie die nächst kürzere, wählbare Integrationszeitdauer.

14. Vorrichtung für die Ansteuerung von Bildsensoren bestehend aus einer Vielzahl von Pixelsignal-Aufbereitungseinheiten, die jeweils

eine Pixel-Empfangseinrichtung (01,02), mittels der auf ein lichtempfindliches Element (01) einfallendes Licht in einen lichtintensitätsabhängigen Photostrom wandelbar ist,

eine Integrationseinrichtung (05) zum Aufintegrieren des Photostromes während einer vorgebbaren Integrationszeitdauer und

eine Ausleseeinrichung zum Auslesen des dem aufintegrierten Photostrom entsprechenden Pixelsignals während einer Auslesephase enthalten, wobei die von den Pixelsignal-Aufbereitungseinheiten ausgelesenen Pixelsignale von einer gemeinsamen Verarbeitungseinrichtung verarbeitet und zu einem das auf den Bildsensor einstrahlende Lichtbild wiedergebenden Signal zusammengesetzt werden,

dadurch gekennzeichnet, daß die Pixel-Empfangseinrichtungen Mittel zur Vorgabe des Endes der Integrationszeit aufweisen derart, daß die Integrationszeit unter Berücksichtigung der einfallenden Lichtintensität beendet wird, bevor die Integrationseinrichtung (05) in den Sättigungszustand gelangt.

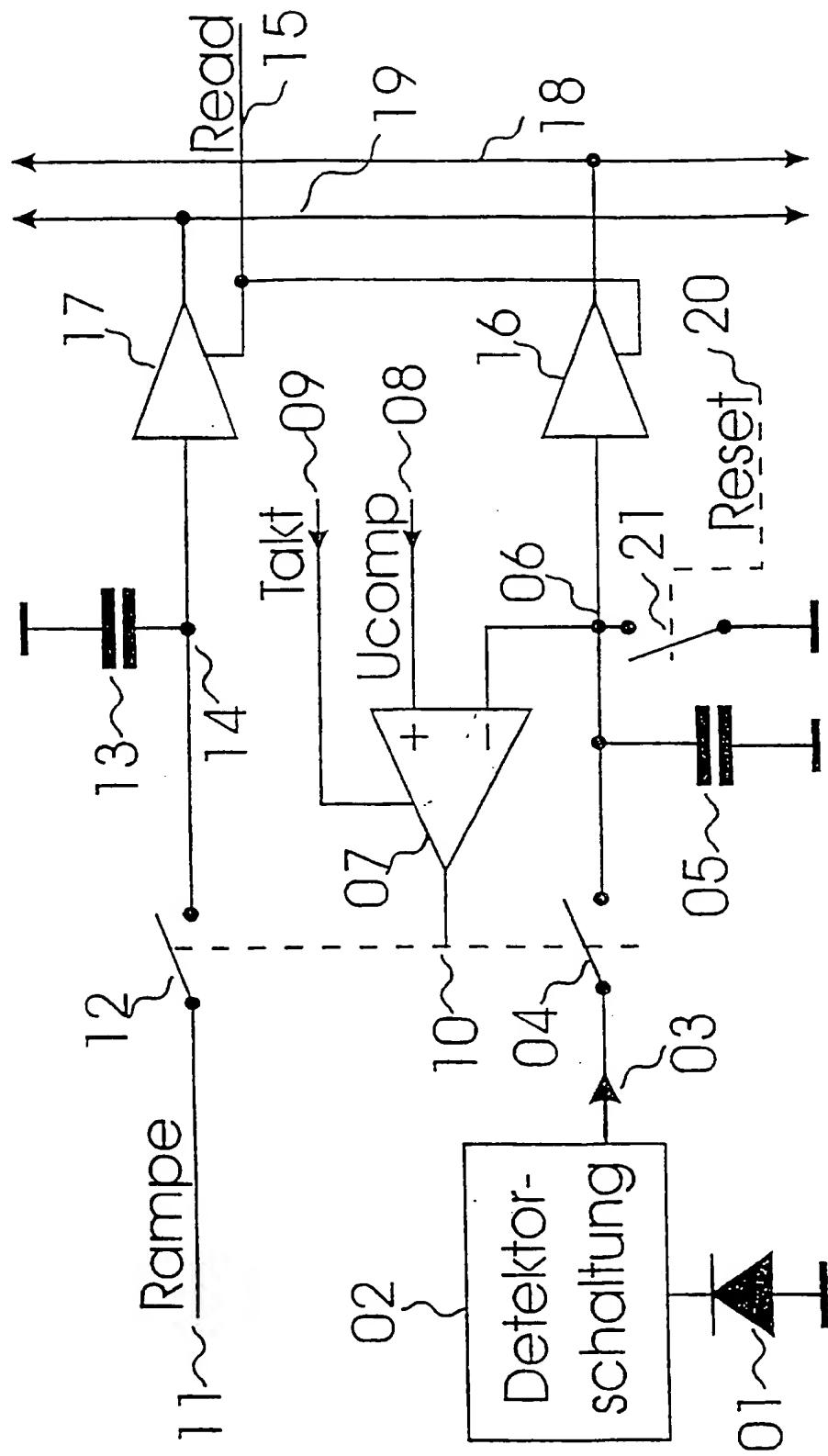


FIG. 1

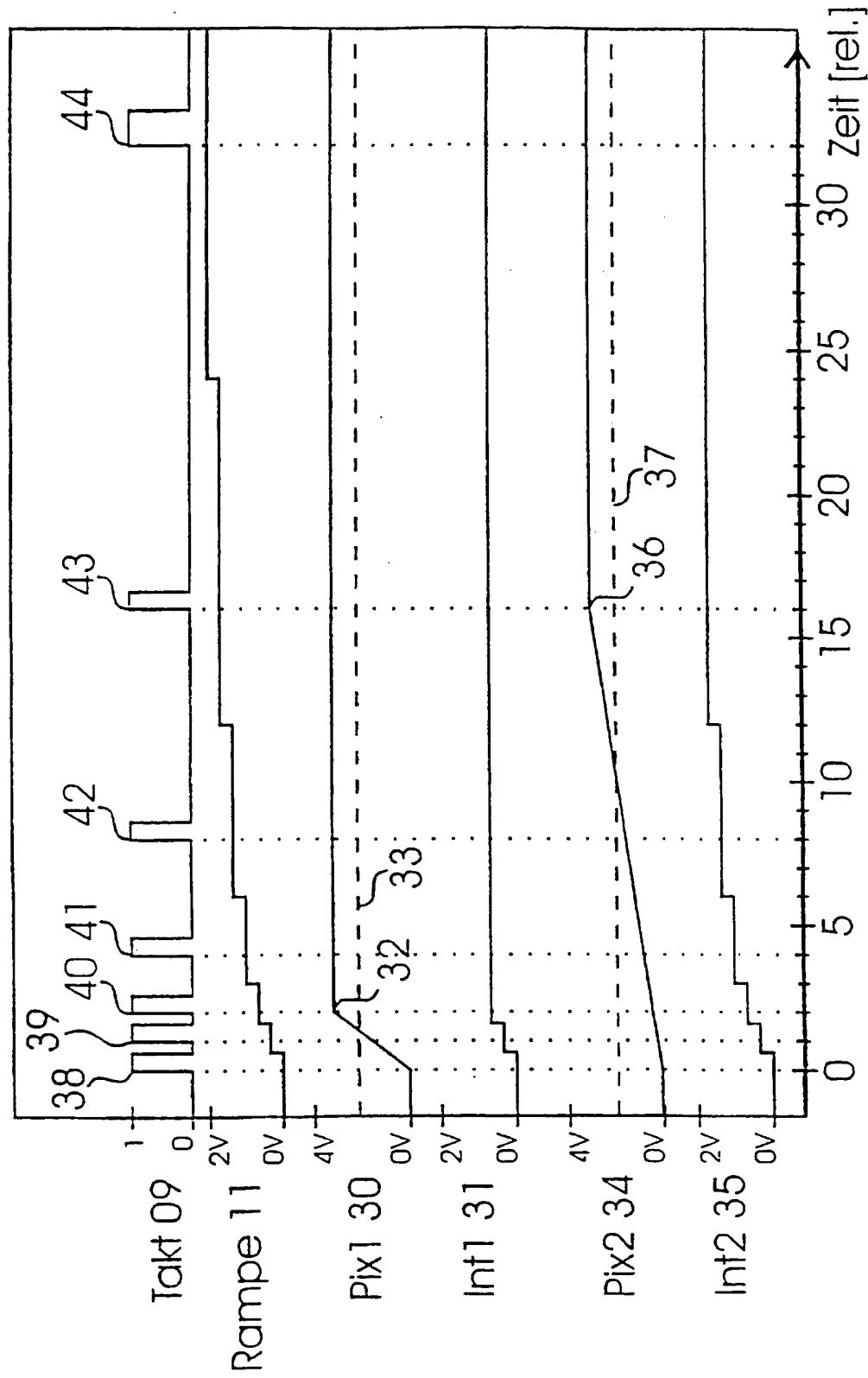
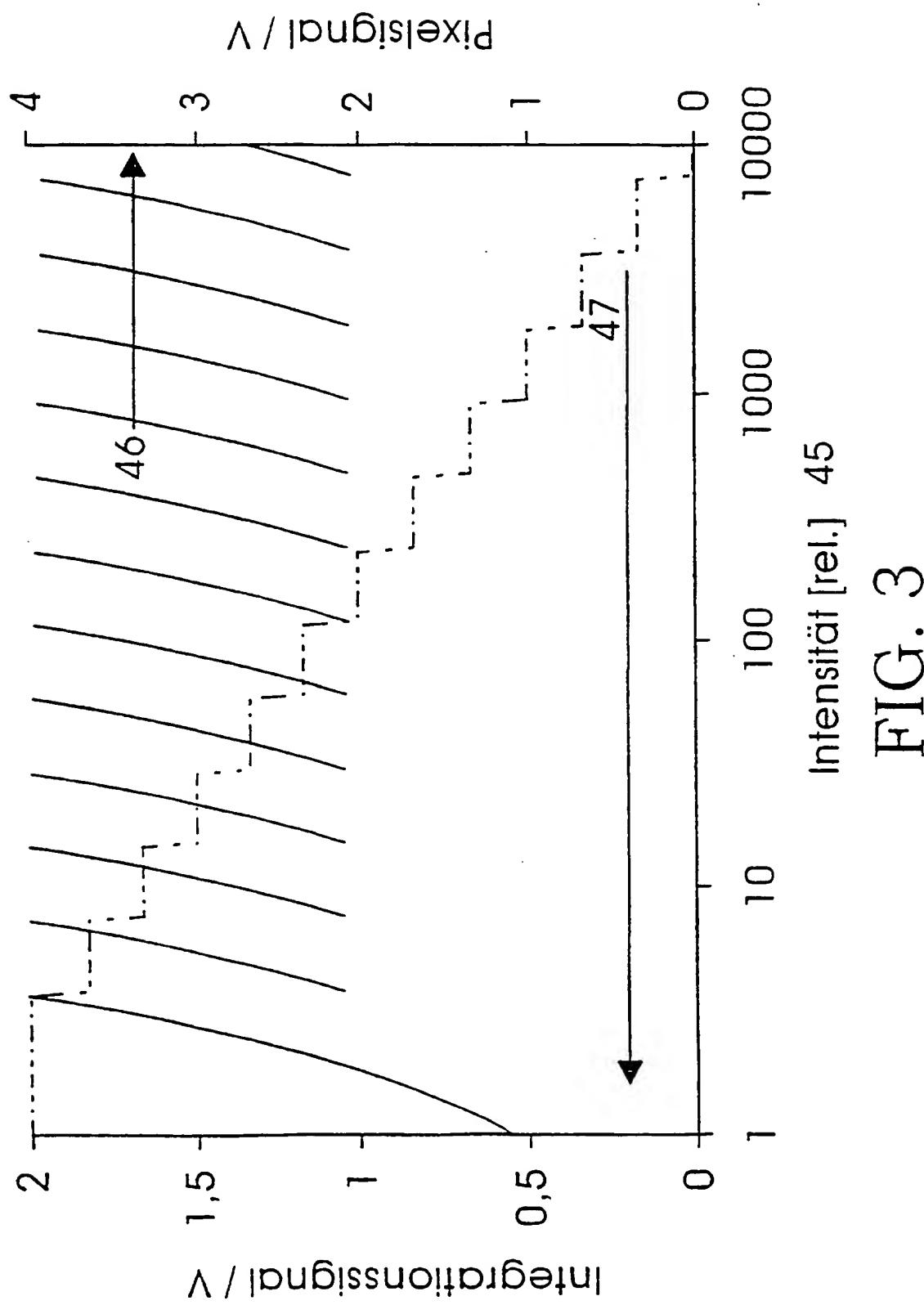


FIG. 2

ERSATZBLATT (REGEL 26)



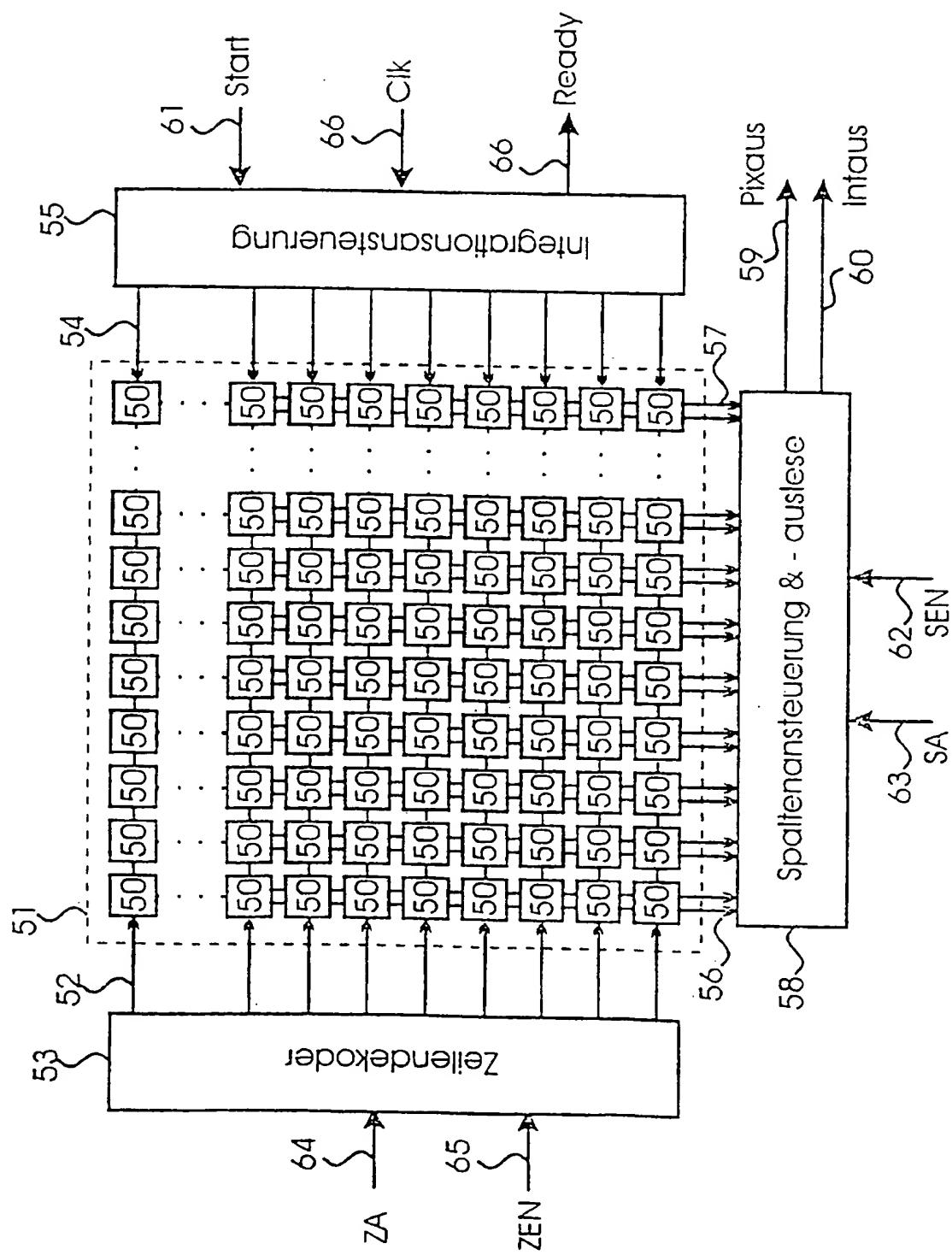


Fig. 4

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 97/05306

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 HO4N3/15

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 HO4N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GB 2 197 718 A (MESSERSCHMITT BOELKOW BLOHM) 25 May 1988 see page 3, line 19 - page 4, line 5 see page 10, line 3 - line 9 see page 23, line 8 - line 24	14
A	-----	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 095, no. 006, 31 July 1995 & JP 07 067042 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 10 March 1995, see abstract	1, 14
P, A	EP 0 749 234 A (FRANCE TELECOM ;CENTRE NAT RECH SCIENT (FR)) 18 December 1996 see column 4, line 58 - column 5, line 57; figure 2	1, 14
	-----	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*&\* document member of the same patent family

1

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

19 January 1998

27/01/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Bequet, T

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 97/05306

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 2197718 A	25-05-88	DE 3635687 A FR 2605475 A US 4797562 A	05-05-88 22-04-88 10-01-89
EP 0749234 A	18-12-96	FR 2735616 A	20-12-96

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 97/05306

## A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 6 H04N3/15

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 H04N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	GB 2 197 718 A (MESSERSCHMITT BOELKOW BLOHM) 25. Mai 1988 siehe Seite 3, Zeile 19 - Seite 4, Zeile 5 siehe Seite 10, Zeile 3 - Zeile 9 siehe Seite 23, Zeile 8 - Zeile 24	14
A	---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 095, no. 006, 31.Juli 1995 & JP 07 067042 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 10.März 1995, siehe Zusammenfassung	1, 14
P, A	EP 0 749 234 A (FRANCE TELECOM ;CENTRE NAT RECH SCIENT (FR)) 18.Dezember 1996 siehe Spalte 4, Zeile 58 - Spalte 5, Zeile 57; Abbildung 2	1, 14
	-----	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen
- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldeatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldeatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsatum veröffentlicht worden ist

- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldeatum oder dem Prioritätsatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist
- "8" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

1	Datum des Abschlusses der internationalen Recherche  19. Januar 1998	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts  27/01/1998
	Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Bequet, T

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 97/05306

Im Recherchenbericht angetführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB 2197718 A	25-05-88	DE 3635687 A FR 2605475 A US 4797562 A	05-05-88 22-04-88 10-01-89
EP 0749234 A	18-12-96	FR 2735616 A	20-12-96

(12) PATENT  
(19) AUSTRALIAN PATENT OFFICE

(11) Application No. AU 199747061 B2  
(10) Patent No. 713290

(54) Title  
**Local auto-adaptive optic sensor**

(51)<sup>6</sup> International Patent Classification(s)  
**H04N 003/15**

(21) Application No: 199747061

(22) Application Date: 1997.09.27

(87) WIPO No: WO98/14002

(30) Priority Data

(31) Number 19639863 (32) Date 1996.09.27 (33) Country DE

(43) Publication Date : 1998.04.17

(43) Publication Journal Date : 1998.06.11

(44) Accepted Journal Date : 1999.11.25

(71) Applicant(s)  
**Markus Bohm**

(72) Inventor(s)  
**Markus Bohm; Tarek Lule**

(74) Agent/Attorney  
**GRIFFITH HACK, GPO Box 1285K, MELBOURNE VIC 3001**

(56) Related Art  
**GB 2197718**



## ABSTRACT

The dynamics of the usual image sensors are not sufficient to process the brightness contrasts occurring in many situations. Previously disclosed methods of increasing the dynamics have considerable disadvantages for practical application. Image sensors according to the new method should combine high dynamics with simple applicability.

To avoid the overexposure and underexposure of pixels which occurs with high image contrasts, each pixel contains a local autoadaptive control. With the help of this control, each pixel automatically ends its integration period as soon as it has integrated enough photoelectric current. An analog signal represents the length of the integration period selected by the pixel. Together with the integrated pixel signal, it represents brightness information with high dynamics and with low requirements regarding the dynamics of the individual signals.

Because of their local adaptivity, the image sensors are suitable for all applications where high brightness contrasts must be processed, such as guiding a motor vehicle in highway traffic, nature films and astronomy.

Figure 1 is provided for publication.



## LOCAL AUTOADAPTIVE OPTICAL SENSOR

The present invention relates to a method of operating image sensors according to the "local autoadaptive method" of recording highly dynamic image scenes.

Electronic image sensors are known and are manufactured in a wide variety of technologies. Such sensors are designed so that a number of picture elements (pixels) are arranged in a suitable manner, usually as a single line or as a matrix in columns and lines. An image projected onto the image sensor is converted by the pixels into an electric signal proportional to the amount of incident light at the pixel locus. The respective proportionality constant is known as the conversion sensitivity (sensitivity) of the sensor. In a very widespread type of image sensor, the "integrating image sensor," the pixels generate the output signal by integrating photoelectric current-generated charge carriers over a certain interval of time (integration time) to a capacitor. The electric signal is read out by means of suitable control signals (clock signal or read signal) applied to the pixel and readout paths leading away from the pixel and is sent with suitable means to image analyzing units or image utilizing units, such as a recording device.

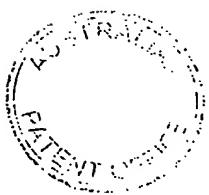
An important feature of an image sensor is its dynamics, defined by the minimum and maximum image brightness at the pixel locus leading to a signal that can be utilized appropriately at the output of the image sensor. The dynamics are limited at the lower end by the electric noise of the output signal: a pixel signal smaller than the electric noise cannot be utilized. The dynamics are limited at the upper end by the saturation of the components used for signal conversion and signal transmission.



Another known problem with image sensors is that their dynamics are not sufficient to completely image the brightness contrasts occurring in many applications to the output signal. Therefore, either dark image parts are swallowed by the noise and/or lighter image parts are in saturation, which can also lead to additional interference such as smear or blooming. Several methods are known for eliminating the problem of limited dynamics.

U.S. Patent no. 5,168,532 is cited as representative of a large number of patents and publications wherein the effective dynamics of an image sensor system are increased by the "dual readout" principle. For this purpose, the image sensor system is provided with an option of varying the known sensitivity - for example, by selecting the integration time of an integrating image sensor or, even more simply, with the help of an iris diaphragm. Then two images are output by the image sensor, one at a low sensitivity and one at a high sensitivity. These two images are then combined by a suitable method to form a complete image. The method "multiple readout" which has also been patented and published in a wide variety of variants (e.g., U.S. Patent no. 5,638,118), supplemented by the "dual readout" method only inasmuch as instead of only two images, a larger number of images with different sensitivities are recorded, stored and combined. Both methods have the serious disadvantage of a complicated sensor system, which, in addition to the image sensor, also contains means for storing and processing the image data, such as a frame grabber.

A second group of methods of increasing sensor dynamics is compression of the image signal in signal generation in the pixel. With the conventional compression method of logarithmic compression, the light-dependent photoelectric current is converted to a logarithmically dependent signal voltage by utilizing the logarithmic voltage-current characteristic of



diodes or MOS transistors in operation below the threshold voltage, as published by N. Ricquier and B. Dierickx, for example, in "Active Pixel CMOS Image Sensor with On-Chip Non-Uniformity Correction," IEEE Workshop on CCDs and Advanced Image Sensors, California, April 20-22, 1995. These and all other compression sensors lose image details due to dynamic compression. In addition, fixed interference (so-called fixed pattern noise or FPN) which occurs in the pixels and the signal paths due to local fluctuations in component parameters such as transistor threshold voltages or capacitances is amplified exponentially, which must in turn be corrected by expensive measures. Other methods (for example, U.S. Patent no. 5,572,074 or "Analog VLSI Phototransduction by Continuous-Time, Adaptive, Logarithmic Photoreceptor Circuits" by T. Delbrück and C. A. Mead in *computation and Neural Systems Program, Technical Report, CNS Memorandum No. 30*, 1994, pages 1-23, California Institute of Technology, Pasadena, CA 91125) control the pixel sensitivity locally through the output signal produced by the pixel itself with the help of a complicated pixel circuit; however, this method again effectively corresponds to the compression method with the same disadvantages resulting from it.

Locally adaptive methods are better methods of operating image sensors with high dynamics. A locally adaptive method is characterized in that the sensitivity of the image sensor is not adjusted for all pixels at the same time (globally) but instead is adjusted for smaller subgroups, preferably individually for each pixel (locally). According to the nature of the image sensors, it is possible to connect at different points in the signal path.

Methods that reduce, pixel by pixel, the light striking the pixel are described in U.S. Patent no. 5,532,743 (attenuation by LCD pixel), U.S. Patent no. 55,410,705 (attenuation by polarizers)



and U.S. Patent no. 5,218,485, for example. All these methods presuppose a more complex optical structure and an expensive external system for controlling the attenuation elements.

Simpler systems with higher dynamics are achieved with such locally adaptive methods which control the integration time on a pixel by pixel basis. A conventional method with locally adaptive integration time uses individual pixel reset, IPR, for example, as reported by O. Yadid-Pecht, B. Pain, C. Staller, C. Clark and E. Fossum in "CMOS Active Pixel Sensor Star Tracker with Regional Electronic Shutter," in *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, vol. 32, no. 2, Feb. 1997 and in "Wide Dynamic Range APS Star Tracker," in *Solid State Sensor Arrays and CCD Cameras*, San Jose, California, *Proceedings of the SPIE*, vol. 2654 (1996) pp. 82-93, and by S. Chen, R. Ginosar in "Adaptive Sensitivity CCD Image Sensor," *Proceedings of the SPIE*, vol. 2415 (1995) pp. 303-309. With the sensors described here, the pixel circuits have been modified so that their integration capacitor can be reset individually in each pixel at any time. Due to this fact, an individual integration time can be achieved for each pixel in certain limits, and therefore the pixel sensitivity can be adapted to the light sensitivity striking the respective pixel locus. The methods described here are characterized by a low additional expense in the pixel circuit with high dynamics at the same time.

With the locally adaptive image sensor (LAS) developed at the Institute for Semiconductor Electronics at the University of Siegen, the integration time of each pixel can be programmed individually into the pixel in the form of an analog voltage before the actual integration phase (see T. Lulé, H. Fischer, S. Benthien, H. Keller, M. Sommer, J. Schulte, P. Rieve, M. Böhm, "Image Sensor with Per-Pixel Programmable Sensitivity in TFA



Technology"; H. Reichl, A. Heuberger, Micro System Technologies '96, VDE Verlag, Berlin, Offenbach, pages 675 ff., 1996).

5 A disadvantage of the IPR and LAS methods, however, is the considerable expense in terms of supplementary circuits which are needed to generate, pixel by pixel, the exposure times required for the next integration cycle and the resulting driving clock pulses from the image read out  
10 last. The additional disadvantage of the IPR methods is the problem that all pixels must be reset in the desired sequence during the integration phase, which leads to collisions and non-deterministic clock pulse overcoupling on the sensitive pixel electronics. In addition, all the  
15 adaptive methods described so far have the disadvantage of time delay; the sensitivity to be set for an integration phase is obtained from the pixel signals of the preceding integration phase, so that proper setting of pixel sensitivity according to the situation cannot be reliably  
20 guaranteed.

The principle of local autoadaptivity was made known by O. Yadid-Pecht in "The Automatic Wide-Dynamic-Range Sensor," SID 93, Intl. Symp., Digest (1993) pp. 495-498, where local autoadaptivity is achieved by the ability of the pixel to reset itself when the integrated signal exceeds a threshold. In principle, this prevents saturation of pixels, but integration time is nevertheless not adapted reliably to the light intensity striking the pixel, because  
25 it may occur, for example, that a weakly illuminated pixel is reset again just before the end of the integration phase and no mentionable signal voltage can be integrated in the very short integration time remaining.  
30  
35 Furthermore, the integration time selected by the pixel



must be reported to subsequent image analyzing stages by a suitable method so that the brightness at the pixel locus can be reconstructed from the two parameters, the integration time and the integrated pixel signal. 0.

5 Yadid-Pecht leaves this problem largely unanswered, and mentions only that the integration time should be stored locally in four flip-flops, which leads to a considerable expense in terms of pixel circuit and additional control lines ("Widening the Dynamic Range of Pictures," *High*

10 *Resolution Sensors and Hybrid Systems, San Jose, CA, Proceedings of the SPIE*, volume 1656 (1992) pp. 374-382).

Accordingly, the present invention provides an integrating image sensor, including:

15 a) an arrangement of light converting pixels, each consisting of:

aa) a light-sensitive element for photoelectric conversion of the light intensity falling on it in a photoelectric current that depends on the light intensity;

20 ab) an integrating device to integrate said photoelectric current over a certain integration time within an integration phase;

ac) a duration controlling device for

25 determining the starting and ending time of the integration period;

ad) a readout device for relaying a pixel signal during a readout phase which corresponds to the amount of photoelectric current integrated;

30 b) a device for processing previously known signals relayed by the pixels and supplying an output signal generated from it;

c) a pixel controlling device which supplies all the above-mentioned devices that are present in all pixels with control signals in such a way that the said

35



output signal is a signal reflecting the light image picked up by the image sensor,

wherein the duration controlling device of the pixels is influenced by the integrating device of said 5 pixel in such a way that the duration controlling device selects the end point of the integration time as a function of the light intensity striking the pixel so that higher light intensities lead to shorter integration periods, while lower light intensities lead to longer integration 10 periods.

Preferably the duration controlling device influences the end time of the integration period with the help of an electronic switch, where the electronic switch is installed 15 so that the electronic switch interrupts the flow of photoelectric current into the integrating device to end the integration time.

Preferably each pixel has stored integration duration 20 information after the end of said integration phase, which provides information on how long said integration period of the respective pixel was and which is read out together with said pixel signal.

25 Preferably integration duration information is represented by a digital signal.

30 Preferably said duration controlling device can decide to terminate the integration of the pixel signal only at a few discrete times within an integration phase, and said discrete times are defined by signals applied to the pixel from the outside.

Preferably said externally defined times have an exponential distribution in the sense that an integration



period that can be selected by choosing an end time is longer by a fixed factor than the next shorter selectable integration period.

5 The present invention also provides a device for controlling image sensors, comprising a plurality of pixel signal processing units, each of which comprises:

10 a pixel receiving device by means of which incident light striking a light-sensitive element can be converted to a light intensity dependent photoelectric current;

15 an integration device for integrating the photoelectric current during a predetermined integration period; and

20 a readout device for reading out the pixel signal corresponding to the integrated photoelectric current during a readout phase, where the pixel signals read out by the pixel signal processing units can be processed by a common processing device and combined to a signal that reflects the light image received by the image sensor;

25 wherein the pixel receiving devices have means for predetermining the end of the integration time such that the integration time is ended, taking into account the incident light intensity, before the integration device enters the saturation state.

The present invention still further provides a method of operating an integrating image sensor, including:

30 a) providing an arrangement of light converting pixels, each consisting of:

aa) a light-sensitive element for photoelectric conversion of the light intensity falling on it in a photoelectric current that depends on the light intensity;

ab) an integrating device to integrate said



photoelectric current over a certain integration time within an integration phase;

5                   ac) a duration controlling device for determining the starting and ending time of the integration period;

                    ad) a readout device for relaying a pixel signal during a readout phase which corresponds to the amount of photoelectric current integrated;

10                 b) processing previously known signals relayed by the pixels and supplying an output signal generated from it;

15                 c) supplying all the above-mentioned devices that are present in all pixels with control signals in such a way that the said output signal is a signal reflecting the light image picked up by the image sensor,

                    whereby said duration controlling device is influenced by the integrating device of said pixel in such a way that the duration controlling device selects the end point of the integration time as a function of the light 20 intensity striking the pixel so that higher light intensities lead to shorter integration periods, while lower light intensities lead to longer integration periods.

25                 Preferably the duration controlling device influences the end time of the integration period with the help of an electronic switch, where the electronic switch is installed so that the electronic switch interrupts the flow of photoelectric current into the integrating device to end the integration time.

30                 Preferably the integration duration information is represented by a digital signal.

                    Alternatively the integration duration information is represented by an analog signal. More preferably the



introduction duration information is represented by an amplitude-discretized analog signal.

Preferably the duration controlling device can decide to

5 terminate the integration of the pixel signal only at a few discrete times within an integration phase, and said discrete times are defined by signals applied to the pixel from the outside.

10 Preferably the externally defined times have an exponential distribution in the sense that an integration period that can be selected by choosing an end time is longer by a fixed factor than the next shorter selectable integration period.

15

Alternatively the externally defined times have a dual exponential distribution in the sense that an integration period that can be selected by choosing an end time is twice as long as the next shorter selectable integration period.

20

Thus, the brightness information may be divided into two signal parameters: first, the pixel signal, and second, the integration signal which provides information about the

25 integration time. When divided into these two signals, higher brightness dynamics can be reproduced than would be possible with a single signal, because the integration signal provides a coarse scaling (so to speak), while the pixel signal supplied detailed information.

30

It is advantageous to store the integration signal in an analog form in the pixel, e.g. in the form of a voltage, a current or a charge. Such analog information storage devices as a capacitor or a current level storage device are adequately well known and can be implemented in a

35



smaller area in conventional image sensor technologies as CMOS, BiCMOS or TFT than a digital device with the same information content. However, storage of the integration signal as a digital signal can also be an advantageous 5 option because it offers a greater interference immunity.

Other advantageous embodiments of the method are derived from additional subclaims.

10 A preferred embodiment of the invention is shown in the following figures and described in detail below by way of example. This embodiment is an image sensor implemented in the TFA technology according to this invention with 90 dB dynamics. In the drawings:

15 Figure 1 shows the block diagram of the locally autoadaptive pixel electronics with automatic integration cutoff and integration signal storage according to a preferred embodiment of the present invention;

20 Figure 2 shows the control signals for operation of the pixel according to Figure 1 during the integration phase;

25 Figure 3 shows the integration signals and pixel signals output in the readout phase following the integration phase, plotted as a function of the light intensity occurring on this pixel; and

Figure 4 shows schematically the interaction of the pixels of an area sensor with the peripheral circuits on the image sensor chip.

30 The pixel layout in Figure 5 is included to illustrate the moderate complexity of a locally autoadaptive pixel.



Figure 1 shows the block diagram of the locally autoadaptive pixel implemented in TFA technology. The pixel circuit has photo-sensitive detector 01 of amorphous silicon, whose cathode is connected to the detector circuit 02 which is implemented in the pixel circuit. The detector circuit is a specific of the TFA technology and is not important for the local autoadaptivity of the pixel. It keeps the voltage on the cathode of detector 01 at a constant level, which suppresses the TFA-specific couplings between neighboring detectors.

The photoelectric current 03 originating from the detector 01 and relayed by the detector circuit 02 is integrated to the integration capacitor 05 over the closed photoelectric current switch 04 during the integration phase. The resulting pixel voltage 06 on the integration capacitor 05 is compared with a comparative voltage 08 supplied to the pixel from the outside. The result of the comparison appears at the control output 10 of pixel comparator 07 only after a clock signal of the clock pulse 09. If the pixel voltage 06 has exceeded the comparative voltage 08 at the time of the clock signal, the control output 10 switches the photoelectric current switch 04 off and thus ends the integration period for the current integration phase. Simultaneously with each clock signal at clock pulse 09, a rising, stepped voltage ramp is applied at integration signal input ramp 11 and is sent over the closed integration signal switch 12 to integration signal capacitor 13. At the moment when control output 10 ends the photoelectric current integration over switch 04, said control output 10 also opens the integration signal switch 12, so that integration signal voltage 14 on the integration signal capacitor 13 remains at the voltage level which was applied to the integration signal input ramp 11 at the time of cutoff.

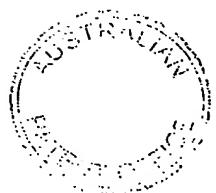


In the following readout phase, a read signal at read input 15 causes the pixel signal buffer 16 and the integration signal buffer 17 to output the integrated pixel signal 06 and the fixed integration signal 14 on the pixel signal column line 18 or the integration signal column line 19.

Before the next integration phase, a reset signal at reset input 20 closes reset switch 21 and thus erases the integrated pixel signal 06. With the next clock signal at clock input 09, the photoelectric current switch 04 and the integration signal switch 12 close again, and the next integration phase begins.

Figure 2 shows the clock 09 and ramp 11 control pulses plus the integration signal 14 and pixel signal 06 each for two pixels - one pixel with high lighting (Pixel 30 and Int1 31) and a pixel at lower lighting (Pixel 34 and Int2 35). The signal diagram shows an embodiment with six selectable exponentially distributed integration times 39 through 44, where the time axis is given in relative units.

The integration phase begins with the first rising edge 38 of clock pulse 09, after which the integrated pixel voltages Pixel 30 and Pixel 34 increase. With each additional rising edge of clock pulse 09, a pixel at a high enough pixel voltage can end its integration period. For example, if a pixel at clock pulse edge 39 were to end its integration, then its integration period would last one unit of time, at clock pulse edge 40 it would last for two units of time, at clock pulse edge 41 it would last for four units of time, at clock pulse edge 42 it would last eight units of time, and at clock pulse edge 43 it would amount to sixteen units of time; if a pixel were to end its integration period at clock pulse edge 44, its integration period would last 32 units of time. The selectable units of time in this embodiment have thus been selected exponentially to the base 2.



The comparative voltages Ucomp 08 would be set at a half signal amplitude 33 or 37 for this distribution of units of time. If a pixel signal 05 has not exceeded half the signal amplitude within one integration period, it will not exceed the full signal amplitude in the next longer integration period which is twice as long, so that it can be integrated further, assuming that the brightness at the pixel locus does not change significantly during the following additional integration time. If, however, a pixel signal 06 has already exceeded half the signal amplitude within an integration period, it would exceed the full signal amplitude in the next longer integration period which is twice as long, so that the integration must be ended. Due to this combination of selectable integration times and comparative voltage, it is thus ensured that the integrated pixel voltage is always in the upper half of the full signal amplitude. The choice of a lower comparative voltage represents an improvement in robustness with regard to fluctuations in brightness in the course of an integration phase. This makes it possible for the pixel brightness to increase to a limited extent during the integration phase without the pixel thereby becoming saturated.

Pixel signal 46 and integration signal 47 which are integrated over the relative lighting intensity in Figure 3 illustrate this very advantageous property of the locally autoadaptive pixel. Owing to the logarithmic plotting of the intensity on the horizontal axis, the pixel signal curve appears curved, while the ramp stages 11 which are distributed at exponential intervals have equal widths.

The block diagram shown in Figure 4 shows schematically the interaction of pixel circuits 50 with the peripheral components 53, 55 and 58 in an area sensor. During the integration phase, the integration control 55 supplies pixels 50 of the pixel matrix 51 arranged in columns and rows with the required control signals



such as reset 20, clock pulse 09, ramp 11 and Ucomp 08 which are generated by integration control 55 from an input clock pulse Clk 66. The signals are generated together for all pixels 50, so that all pixels 50 of pixel matrix 51 begin their integration periods in synchronization, while they select the end time themselves as described above.

A signal at ready output 67 indicates the end of the integration phase by a signal to the parts of the circuit outside the chip. Now they can apply a line address ZA 64 and line release signal ZEN 65 to line decoder 53, which then controls the desired line reading line 52. Line reading line 52 is connected to the pixel reading lines read 20 of all pixels 50 in the line and ensures that all pixels 50 of the selected line output their integrated pixel signals 06 and fixed integration signals 14 on pixel signal column lines 18 and integration signal column lines 19.

Of all pixel signal and integration signal column lines 56, 57 applied in parallel to the column control and readout 58, the column control and readout 58 selects the column selected by column address SA 63 which is supplied externally. With the applied column release signal SEN 62, the selected pixel signal 06 and the selected integration signal 14 are output to pixel output Pixaus 59 and integration signal output Intaus 60. After successful readout of all pixels 50, the next integration phase is then started in integration control 55 by a signal at start 61.

THE CLAIMS DEFINING THE INVENTION ARE AS FOLLOWS:

1. An integrating image sensor, including:
  - a) an arrangement of light converting pixels,  
5 each consisting of:
    - aa) a light-sensitive element for photoelectric conversion of the light intensity falling on it in a photoelectric current that depends on the light intensity;
    - 10 ab) an integrating device to integrate said photoelectric current over a certain integration time within an integration phase;
    - 15 ac) a duration controlling device for determining the starting and ending time of the integration period;
    - ad) a readout device for relaying a pixel signal during a readout phase which corresponds to the amount of photoelectric current integrated;
    - 20 b) a device for processing previously known signals relayed by the pixels and supplying an output signal generated from it;
    - c) a pixel controlling device which supplies all the above-mentioned devices that are present in all pixels with control signals in such a way that the said 25 output signal is a signal reflecting the light image picked up by the image sensor,  
wherein the duration controlling device of the pixels is influenced by the integrating device of said pixel in such a way that the duration controlling device selects the end point of the integration time as a function of the light intensity striking the pixel so that higher light intensities lead to shorter integration periods, while lower light intensities lead to longer integration periods.
  - 30 35 2. A sensor as claimed in claim 1, wherein the duration controlling device influences the end time of the



integration period with the help of an electronic switch, where the electronic switch is installed so that the electronic switch interrupts the flow of photoelectric current into the integrating device to end the integration time.

3. A sensor as claimed in claim 1, wherein the duration controlling device influences the end time of the integration period with the help of an electronic switch, where the electronic switch is installed so that the electronic switch is looped in between a previously known integrating device and another storage device so that the electronic switch interrupts the signal path between the integrating device and the storing device at said end time such that after the end of the integration phase, the storing device has stored a signal that is in relation to said end time of the signal delivered by the integrating device.

20 4. A sensor as claimed in any one of the preceding claims, wherein each pixel has stored integration duration information after the end of said integration phase, which provides information on how long said integration period of the respective pixel was and which is read out together with said pixel signal.

25 5. A sensor as claimed in claim 4, wherein said integration duration information is represented by a digital signal.

30 6. A sensor as claimed in claim 4, wherein said integration duration information is represented by an analog signal.

35 7. A sensor as claimed in claim 6, wherein said integration duration information is represented by an amplitude-discretized analog signal.



8. A sensor as claimed in any one of claims 4 to 7, wherein said signal is generated autarchically in the pixel.

5

9. A sensor as claimed in any one of claims 4 to 7, wherein said signal is generated in the pixel with the help of signals applied to the pixel from the outside.

10 10. A sensor as claimed in claim 4, wherein said signal is supplied to the pixel suitably at each end time from the outside and must be retained by the pixel at the end time.

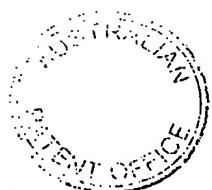
15 11. A sensor as claimed in any one of the preceding claims, wherein said duration controlling device can decide to terminate the integration of the pixel signal only at a few discrete times within an integration phase, and said discrete times are defined by signals applied to the pixel 20 from the outside.

12. A sensor as claimed in claim 11, wherein said externally defined times have an exponential distribution in the sense that an integration period that can be 25 selected by choosing an end time is longer by a fixed factor than the next shorter selectable integration period.

13. A sensor as claimed in claim 11, wherein said externally defined times have a dual exponential distribution in the sense that an integration period that can be selected by choosing an end time is twice as long as 30 the next shorter selectable integration period.

14. A device for controlling image sensors, 35 comprising a plurality of pixel signal processing units, each of which comprises:

a pixel receiving device by means of which



incident light striking a light-sensitive element can be converted to a light intensity dependent photoelectric current;

5 an integration device for integrating the photoelectric current during a predetermined integration period; and

10 a readout device for reading out the pixel signal corresponding to the integrated photoelectric current during a readout phase, where the pixel signals read out by the pixel signal processing units can be processed by a common processing device and combined to a signal that reflects the light image received by the image sensor;

15 wherein the pixel receiving devices have means for predetermining the end of the integration time such that the integration time is ended, taking into account the incident light intensity, before the integration device enters the saturation state.

15. 20 A method of operating an integrating image sensor, including:

a) providing an arrangement of light converting pixels, each consisting of:  
25 aa) a light-sensitive element for photoelectric conversion of the light intensity falling on it in a photoelectric current that depends on the light intensity;

ab) an integrating device to integrate said photoelectric current over a certain integration time within an integration phase;

30 ac) a duration controlling device for determining the starting and ending time of the integration period;

ad) a readout device for relaying a pixel signal during a readout phase which corresponds to the 35 amount of photoelectric current integrated;

b) processing previously known signals relayed by the pixels and supplying an output signal generated from



it;

c) supplying all the above-mentioned devices that are present in all pixels with control signals in such a way that the said output signal is a signal reflecting 5 the light image picked up by the image sensor,

whereby said duration controlling device is influenced by the integrating device of said pixel in such a way that the duration controlling device selects the end point of the integration time as a function of the light 10 intensity striking the pixel so that higher light intensities lead to shorter integration periods, while lower light intensities lead to longer integration periods.

16. A method as claimed in claim 15, wherein the 15 duration controlling device influences the end time of the integration period with the help of an electronic switch, where the electronic switch is installed so that the electronic switch interrupts the flow of photoelectric current into the integrating device to end the integration 20 time.

17. A method as claimed in claim 15, wherein the duration controlling device influences the end time of the integration period with the help of an electronic switch, 25 where the electronic switch is installed so that the electronic switch is looped in between a previously known integrating device and another storage device so that the electronic switch interrupts the signal path between the integrating device and the storing device at said end time such that after the end of the integration phase, the 30 storing device has stored a signal that is in relation to said end time of the signal delivered by the integrating device.

35 18. A method as claimed in any one of claims 15 to 17, wherein each pixel has stored integration duration information after the end of said integration phase, which



provides information on how long said integration period of the respective pixel was and which is read out together with said pixel signal.

5 19. A method as claimed in claim 18, wherein said integration duration information is represented by a digital signal.

10 20. A method as claimed in claim 18, wherein said integration duration information is represented by an analog signal.

15 21. A method as claimed in claim 20, wherein said integration duration information is represented by an amplitude-discretized analog signal.

20 22. A method as claimed in any one of claims 18 to 21, wherein said signal is generated autarchically in the pixel.

25 23. A method as claimed in any one of claims 18 to 21, wherein said signal is generated in the pixel with the help of signals applied to the pixel from the outside.

30 24. A method as claimed in claim 18, wherein said signal is supplied to the pixel suitably at each end time from the outside and must be retained by the pixel at the end time.

35 25. A method as claimed in any one of claim 15 to 24, wherein said duration controlling device can decide to terminate the integration of the pixel signal only at a few discrete times within an integration phase, and said discrete times are defined by signals applied to the pixel from the outside.



26. A method as claimed in claim 25, wherein said

externally defined times have an exponential distribution in the sense that an integration period that can be selected by choosing an end time is longer by a fixed factor than the next shorter selectable integration period.

5

27. A method as claimed in claim 25, wherein said externally defined times have a dual exponential distribution in the sense that an integration period that can be selected by choosing an end time is twice as long as 10 the next shorter selectable integration period.

28. An integrating image sensor substantially as hereinbefore described with reference to the accompanying drawings.

15

29. A device for controlling image sensors substantially as hereinbefore described with reference to the accompanying drawings.

20 30. A method of operating an integrating image sensor substantially as hereinbefore described with reference to the accompanying drawings.

Dated this 5th day of October 1999

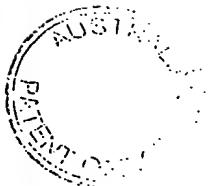
25 MARKUS BOHM

By their Patent Attorneys

GRIFFITH HACK

Fellows Institute of Patent and  
Trade Mark Attorneys of Australia

30



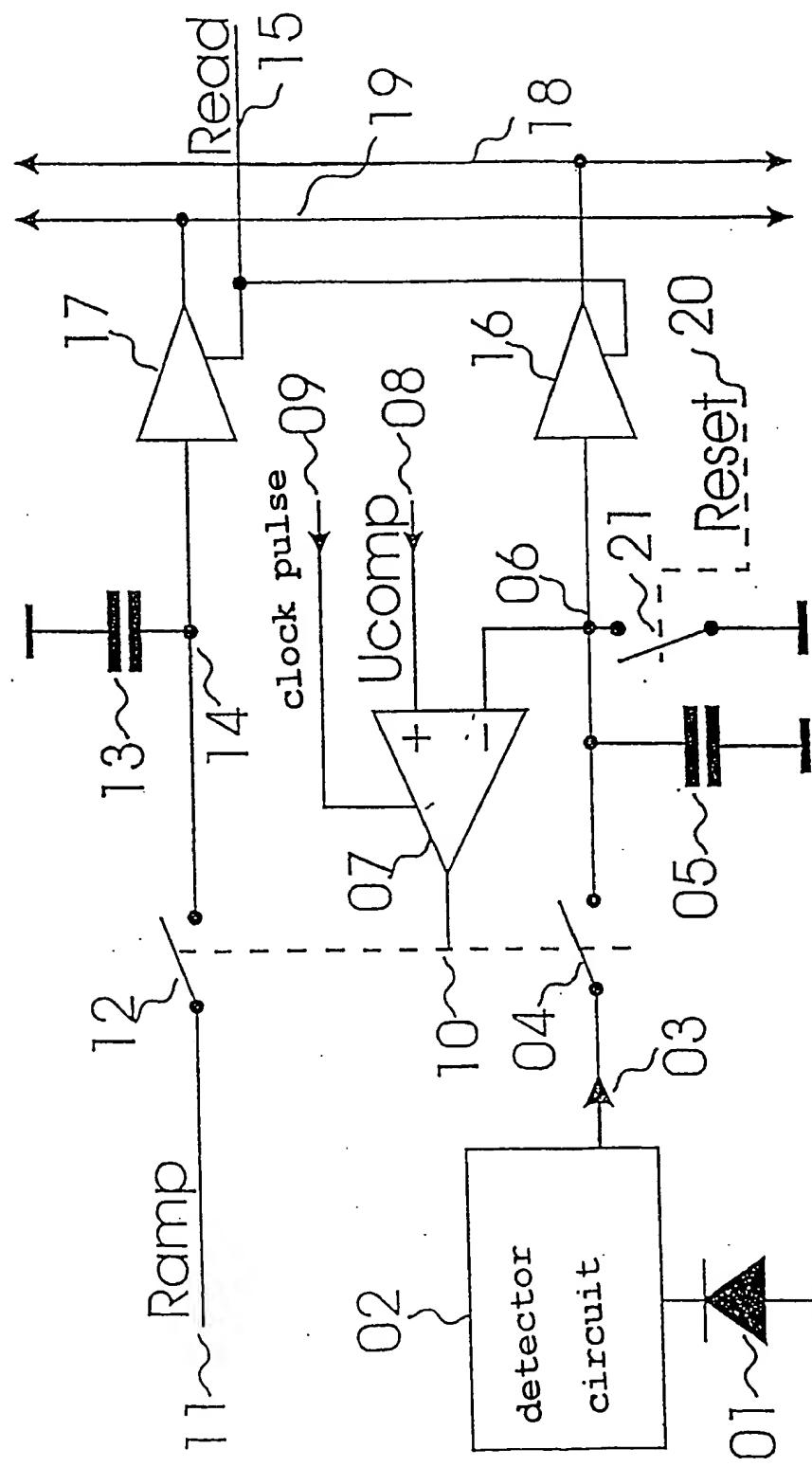


FIG. I

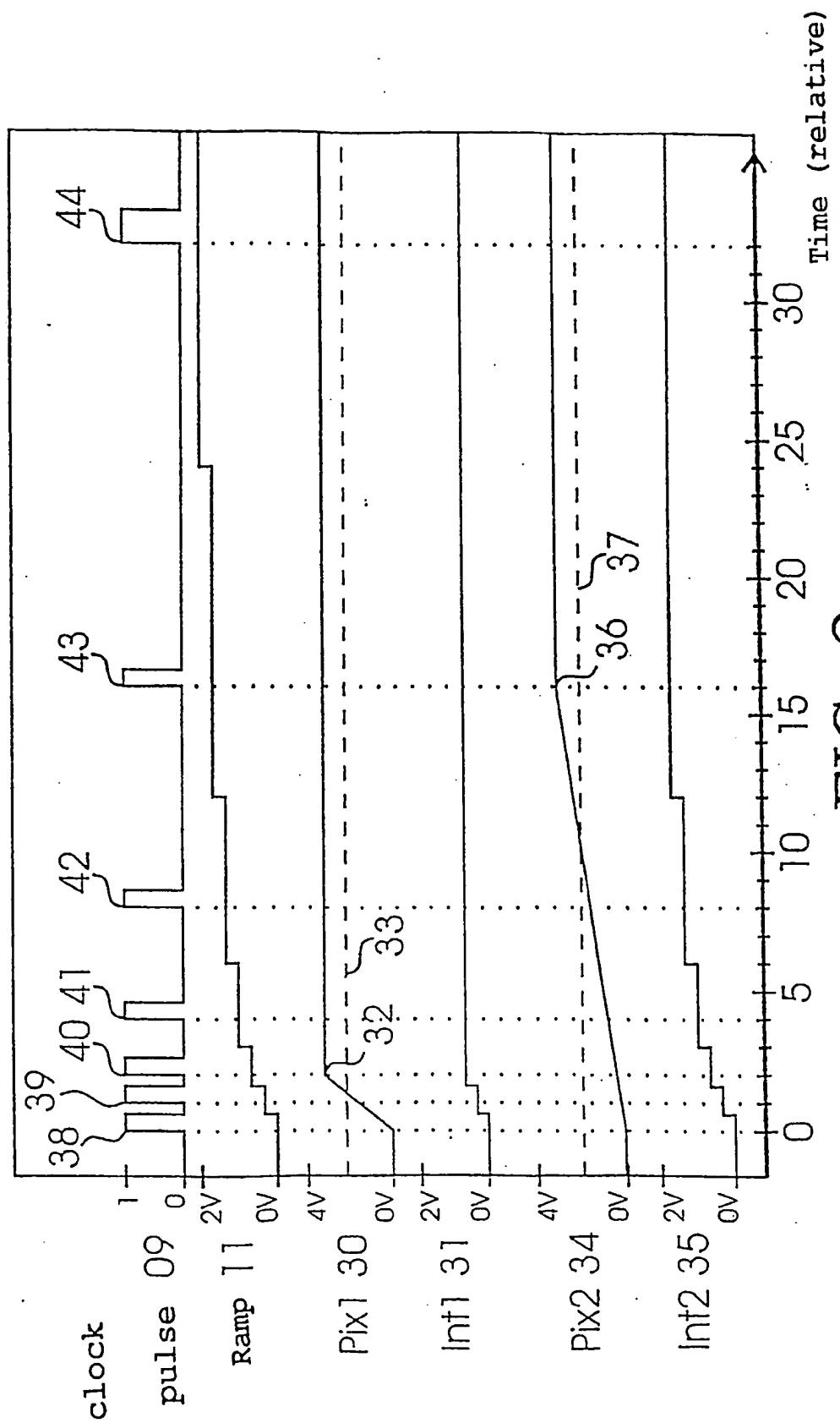


FIG. 2

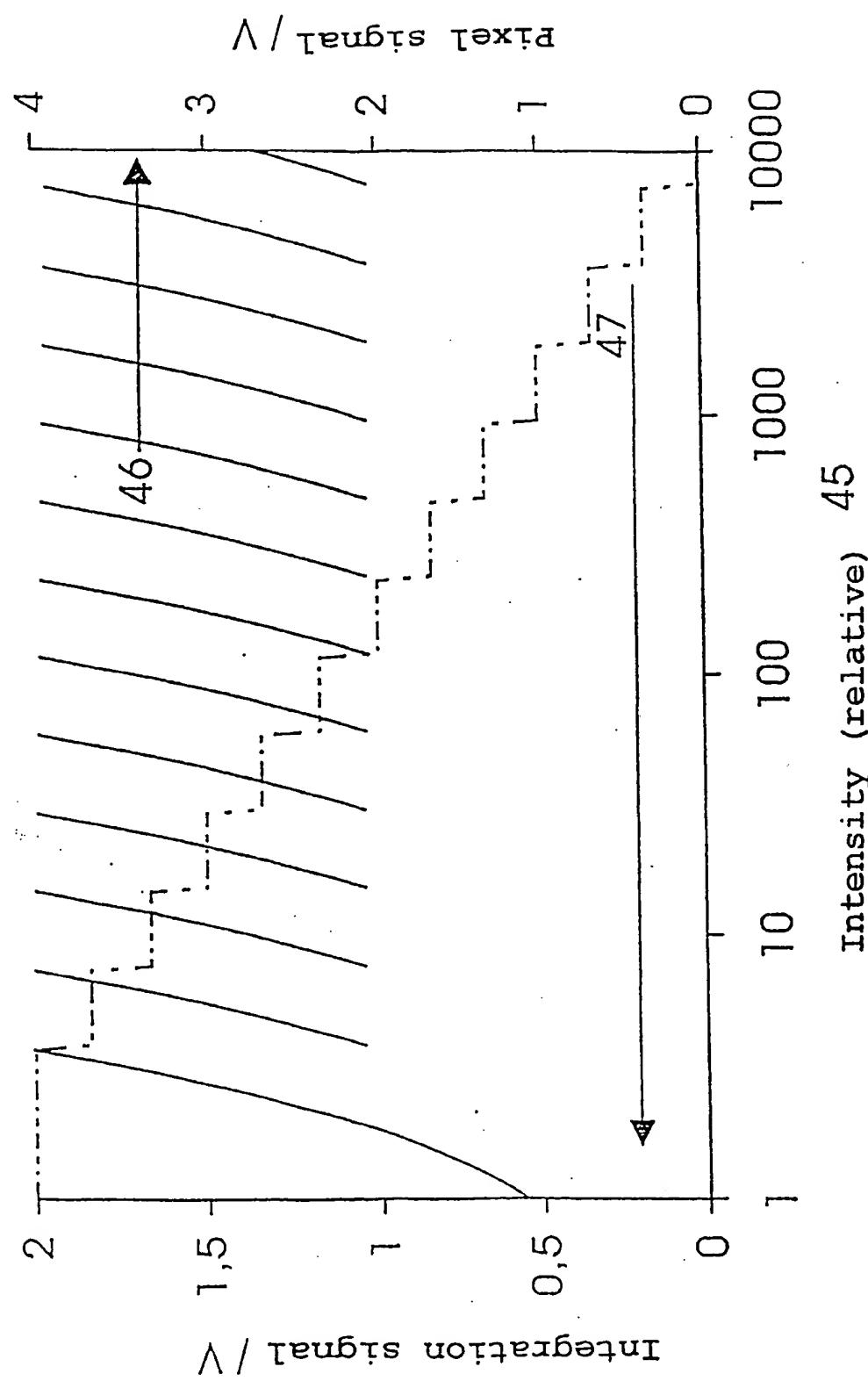


FIG. 3

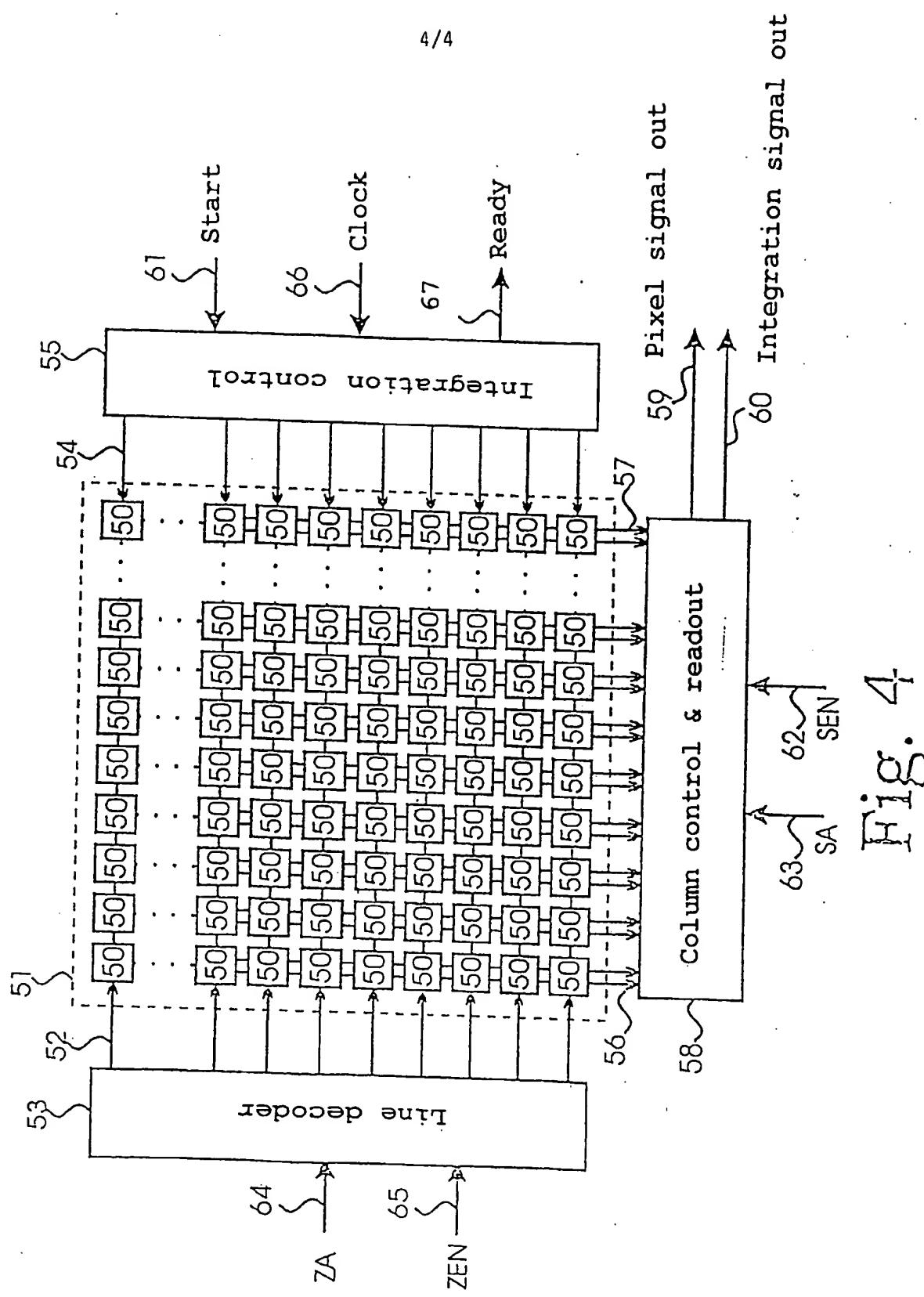


Fig. 4